

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-303903

(43)Date of publication of application : 18.10.2002

(51)Int.Cl.

G02F 1/377

(21)Application number : 2001-104943

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 03.04.2001

(72)Inventor : FUJIURA KAZUO  
ENBUTSU KOUJI

## (54) MULTI-WAVELENGTH LIGHT SOURCE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a multi-wavelength light source which can actualize control over the number of wavelengths and the band of the wavelengths by selecting an electrode applied with an electric field.

**SOLUTION:** This light source has electrodes with fixed-cycle widths on the plane of a waveguide and a device is temperature-control led by a Peltier element so as to stabilize efficiency and signal wavelengths. The pitch of the electrodes corresponds to a grating pitch actualizing artificial phase matching needed for the difference frequency generation of light in a 1.55  $\mu\text{m}$  band while pump light beams are of 0.770, 0.775, 0.780, and 0.785  $\mu\text{m}$ . In this case, the electrode pitch is 12 to 13  $\mu\text{m}$ . The electrodes are applied with a voltage corresponding to 1 kV/cm and a polarization maintaining fiber is used to make signal light of 1.53  $\mu\text{m}$  and the pump light beams of 0.770, 0.775, 0.780, and 0.785  $\mu\text{m}$  incident from an incidence end at the same time.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3623750

[Date of registration] 03.12.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-303903  
(P2002-303903A)

(43) 公開日 平成14年10月18日 (2002. 10. 18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 2 F 1/377		G 0 2 F 1/377	2 K 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2001-104943 (P2001-104943)

(22) 出願日 平成13年 4 月 3 日 (2001. 4. 3)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

(72) 発明者 藤浦 和夫

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 圓佛 晃次

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100077481

弁理士 谷 義一 (外 1 名)

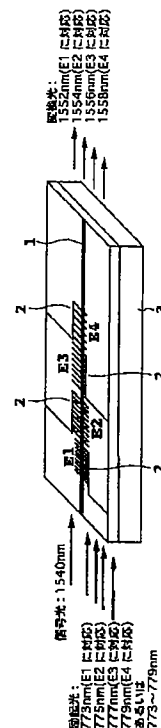
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多波長光源

(57) 【要約】

【課題】 波長数や波長帯の制御を、電界を印加する電極を選択することで実現できるようにした多波長光源を提供すること。

【解決手段】 導波路の平面上に一定の周期の幅を有する電極を具備し、効率および信号波長を安定化するためにデバイスはペルチェ素子で温度制御している。電極のピッチは、0.770、0.775、0.780、0.785  $\mu\text{m}$  をポンプ光とし、1.55  $\mu\text{m}$  帯の光の差周波発生に必要な疑似位相整合を実現するグレーティングピッチに対応している。この場合、電極ピッチは12～13  $\mu\text{m}$  となる。電極に1 kV/cm に対応する電圧を印加し、入射端から偏波保持ファイバを用いて、1.53  $\mu\text{m}$  の信号光と0.770、0.775、0.780、0.785  $\mu\text{m}$  のポンプ光を同時に入射する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】  $KTa_{1-x}Nb_xO_3$  および／あるいは  $K_{1-y}Li_yTa_{1-x}Nb_xO_3$  なる組成を有する結晶材料によって形成された屈折率が高いコア部分と、該コア部分を取り巻くクラッドからなる導波構造を有する平面型の光導波路である多波長光源において、前記導波路の平面上に一定の周期の幅を有する電極を具備し、少なくとも 1 つあるいは 2 つ以上の波長からなる信号光を発生する信号光発生手段と、該信号光発生手段からの信号光と異なる波長のポンプ光を発生するポンプ光発生手段とを備え、前記信号光と前記ポンプ光とを同時に入射することにより、少なくとも 2 波長以上の信号光を生成することを特徴とする多波長光源。

【請求項 2】 前記電極幅の周期が、前記信号光とポンプ光とのエネルギー差で差周波発生を得るに必要な疑似位相整合条件を満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の多波長光源。

【請求項 3】 前記電極が、前記信号光の TE 偏波の電界方向に平行な方向と、TM 偏波に平行な方向のいずれか 1 つあるいは両方向に電界を印加する構造であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の多波長光源。

【請求項 4】 前記電極に印加する電圧を変動することによって前記信号光を変調することを特徴とする請求項 1, 2 又は 3 に記載の多波長光源。

【請求項 5】 前記周期の異なる電極を複数備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 いずれかに記載の多波長光源。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信に用いられる多波長光源に関し、より詳細には、低ノイズな信号光が多波長必要な波長多重通信に利用される多波長光源に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在、通信の大容量化の実現に向けて波長多重通信 (WDM) システムの導入が加速されている。この WDM システムは、1 本の光ファイバに波長の異なる信号を多数伝送することによって、システムの低コスト化を実現しており、新たなファイバを敷設することなく、伝送容量を増加できる方式である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この方式ではファイバの敷設コストなどで大きなメリットがあるものの、高密度化には波長精度の高い光源を多数必要とするという問題があった。これまでは、信号光の波長に厳密に適合した半導体レーザを選別し、必要数並べるという方式が主に用いられている。但し、この方式では、波長の適合したレーザを選別するためコスト高になるという問題があった。

【0004】また、半導体のモードロックレーザやファイ

バのリングレーザを用いる方法や、それら短パルス光源と非線形ファイバで発生したスーパーコンティニウム光 (SC 光) をアレイ格子型合分波器で切り出すスペクトルスライス型の光源も提案されているが、SC 光の発生には長尺の非線形ファイバが必要で小型化に難があるという問題があった。

【0005】本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、波長数や波長帯の制御を、電界を印加する電極を選択することで実現できるようにした多波長光源を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、このような目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明は、 $KTa_{1-x}Nb_xO_3$  および／あるいは  $K_{1-y}Li_yTa_{1-x}Nb_xO_3$  なる組成を有する結晶材料によって形成された屈折率が高いコア部分と、該コア部分を取り巻くクラッドからなる導波構造を有する平面型の光導波路である多波長光源において、前記導波路の平面上に一定の周期の幅を有する電極を具備し、少なくとも 1 つあるいは 2 つ以上の波長からなる信号光を発生する信号光発生手段と、該信号光発生手段からの信号光と異なる波長のポンプ光を発生するポンプ光発生手段とを備え、前記信号光と前記ポンプ光とを同時に入射することにより、少なくとも 2 波長以上の信号光を生成することを特徴とするものである。

【0007】また、請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記電極幅の周期が、前記信号光とポンプ光とのエネルギー差で差周波発生を得るに必要な疑似位相整合条件を満たすことを特徴とするものである。

【0008】また、請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 又は 2 に記載の発明において、前記電極が、前記信号光の TE 偏波の電界方向に平行な方向と、TM 偏波に平行な方向のいずれか 1 つあるいは両方向に電界を印加する構造であることを特徴とするものである。

【0009】また、請求項 4 に記載の発明は、請求項 1, 2 又は 3 に記載の発明において、前記電極に印加する電圧を変調することによって前記信号光を変調することを特徴とするものである。

【0010】また、請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 乃至 4 いずれかに記載の発明において、前記周期の異なる電極を複数備えたことを特徴とするものである。

【0011】本発明は、光を導波する媒体として  $KTa_{1-x}Nb_xO_3$  および／あるいは  $K_{1-y}Li_yTa_{1-x}Nb_xO_3$  なる組成を有する結晶を用いることを特徴としている。これら KTN ならびに KLTN 結晶は、使用温度域で中心対称性を有する立方晶であり、非線形光学効果を有していないが、電界を印加することで、2 次の非線形効果を発現するという特徴を有している。このため、信号光とポンプ光に位相整合する周期を

有する電極を作成し、電場を印加することで差周波発生による多波長化が可能となる。

【0012】さらに、周期の異なる電極を光の導波方向に並べておき、それぞれの周期に位相整合するポンプ光を入射し、すべての電極に電界を印加すれば、電極の数に対応した差周波を得ることができる。また、最初に入射する信号光が多波長である場合は、最初に入射する信号光の波長数を $n$ とし、電極の数を $m$ とすると、このデバイスで得られる波長数は $n \times 2^m$ となる。従って、例えば、最初に入射する波長数が10で4電極構成で有れば、160波を発生することが可能である。

【0013】さらに、この方法によって発生する信号光の間隔は、最初に入射した信号光の間隔と、ポンプ光の半分のエネルギーに対応する波長とのエネルギー差で決まるため、例えば、ITU-Tグリッドに正確に合った均一幅の光を発生することができる。さらに、この非線形光学効果の効率は、印加する電界に比例して増加し、かつ実用的な印加電界の範囲で既存の非線形光学結晶であるLiNbO<sub>3</sub>の2倍以上の効率が実現できる。従って、既存のLNの差周波発生と同じ相互作用長で有れば4倍以上の効率、同じ効率ならば1/2以下の相互作用長で波長変換を実現できる。

【0014】また、LN結晶は三方晶であり、最も高い非線形効果を得るには、 $c$ 軸と入射光の偏光を合致させる必要があり、疑似位相整合も $c$ 軸方向の自発分極を反転させることで実現されている。したがって、LNの差周波発生では、作製された疑似位相整合の方向で変換可能な光の偏波方向が規定され、その他の偏光では変換されない。一方、KTNおよびKLTNは等方的な結晶であり、電界の印加方向に非線形性が発現されるため、例えば電極を直交する2方向に電界がかかるような構成とすれば容易に偏波を個別に制御した光源が実現できるといふ利点がある。

【0015】また、LNで必要とする結晶のポーリングも不必要で、電極を形成で容易に疑似位相整合を実現できるといふ利点もある。これは、異なる周期の電極を数種類、結晶表面上に形成しておけば、その周期に応じたポンプ光の波長を選択することが可能であり、波長変換デバイスに機能を付与することが可能である。さらに、本発明で用いる波長変換の原理は、2次の非線形効果である差周波発生によるものであり、発生する差周波は、信号光とポンプ光の相互作用で生成するため、パルス幅の狭い光と同じパルスに整形される。従って、ポンプ光が、ファイバリングレーザ等のような短パルス列であれば、信号光が半導体レーザのようなジッタを含むような幅広い光源であっても、高品質な光を発生することが可能である。

【0016】さらに、THz以上の高速性と原理的にノイズフリーという利点もある。また、異なる波長に疑似位相整合する電極を作製し、順に電界を印加すれば、波

長可変光源として動作する。この光源では、電界を別に変調すれば、変調信号が得られ、変調器を組み込んだ可変波長光源としても動作可能である。

【0017】なお、本実施例では、矩形の埋め込み導波路を使用した、イオンの拡散に依って作製した拡散導波路でも同様の特性が得られた。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。

10 【0019】[実施例1]フォトリソグラフィと液相エピタキシー技術を用いて矩形の導波構造を作製した。作製した導波路の屈折率差は2.5%であり、高次モードのカットオフ波長は0.6 $\mu$ mであり、これより長波長は単一モード導波路として機能する。作製した導波路長は3cmであり、導波路の損失は0.15dB/cmであった。基板は導電性のあるLa添加のSrTiO<sub>3</sub>を用い、上部には金蒸着で、電極パターンを構成した。

20 【0020】図1は、作成した波長可変波長光源の構成図で、効率および信号波長を安定化するためにデバイスはペルチェ素子で温度制御している。電極のピッチは、0.770、0.775、0.780、0.785 $\mu$ mをポンプ光とし1.55 $\mu$ m帯の光の差周波発生に必要な疑似位相整合を実現するグレーティングピッチに対応している。この場合、電極ピッチは12~13 $\mu$ mとなる。電極に1kV/cmに対応する電圧を印加し、入射端から偏波保持ファイバを用いて、信号光発生部からの1.53 $\mu$ mの信号光と、ポンプ光発生部からの0.770、0.775、0.780、0.785 $\mu$ mのポンプ光とを同時に入射し、出射光を光スペクトラムアナライザを用いて測定した。

30 【0021】図2は、電極に順に電界を印加することにより発生した光のスペクトルを示す図で、差周波発生による波長可変光源が実現されていることがわかる。さらに、信号光および変換光はパラメトリック増幅されており、入力信号光に対する変換光の利得は約15dBに達している。これは、従来のLNの波長変換デバイスでは実現できない高い利得である。また、この場合の変換効率も印加電界の強度で変化させることが可能であり、電界をOFFにすると信号光のみが出力される。

40 【0022】さらに、ポンプ光強度を一定にし、入力信号光強度を変化させ、出力信号光強度をモニターしながら出力変換光強度が一定になるように電界を制御することも可能であった。また、利得飽和領域で使用するにより、出力光の強度をほぼ一定にすることを可能であった。あるいは、電極毎に印加する電界を変え、すなわち出力側の電極に近いほど電界を高くすることによって出力光強度を一定にすることも可能であった。

50 【0023】図1は、電極を面に垂直方向に配置した構成であるが、さらに面に水平方向に電極を配置し、面に垂直方向に配置した電極と独立に電界を印加することに

より、TE、TM両偏光を独立に発生させることが可能である。図4に本発明の平面型光導波路を、電極の位置で導波路と垂直に切った断面図を示す。(a)は電極を面に垂直方向に配置した構成で、(b)は電極面を水平方向に配置した構成である。なお、図中符号11は基板、12は導波路である。

【0024】【実施例2】実施例1と同様の構成で、10GHzで変調した電界を、各電極に純に印加した。これにより、1550、1560、1570、1580nmに10GHzで変調した光信号を随時取り出すことができた。これは、10Gbit/sの変調波長光源として機能していることが明らかである。また、この信号間隔は、設定する電極のピッチ、すなわち位相整合するポンプ光の波長と信号光の波長を設定することで、容易に変化させることが可能である。また、1530nmで用いている信号光ファイバリングレーザの100GHzのパルス列であれば、可変波長光源で発生できる信号光も100GHzとなる。

【0025】また、作製する電極パターン数を増やすことによって、容易に変換可能な波長数を増やすことも可能であり、異なる電極パターンを有するチップを並列に並べることによって、容易に、1250-1700nm領域をカバーできる波長可変光源を実現することが出来た。

【0026】【実施例3】実施例1の多波長光源に入射するポンプ光を、767.75、774.75、784.75、804.75nm、信号光を1528、1529、1530、1531、1532、1533、1534、1535、1536、1537nmの10波長とすること以外は、実施例1と同様の方法で、多波長化を実施した。各電極に電界を随時印加して得られる波長を図3に示す。この図3に示すように、電極をそれぞれONにした場合は、その差周波に対応する波長の信号がえられる。従って、それぞれの電極に電界印加することによって、波長数を2倍にすることが可能である。

【0027】さらに、全部の電極をONにした場合には、各電極で発生した差周波がさらに次の電極で差周波発生するため、4電極後には160波の信号光が得られる。このように、本発明を用いれば、容易に多波長光源を1チップのデバイスで実現することができる。もちろん、各チップに1つの電極を構成したものをファイバで接続した構成でも同様の光源を実現することが可能であった。また、図3で明かなように、電界を印加する電極を選択することにより、必要な波長帯に必要な波長数

の信号を得ることが可能であるということも明らかである。

【0028】【実施例4】上述した実施例3で実施した多波長光源において、最初に入射する10波長を、実施例1と同様の構成で10種類の電極を有する多波長光源で実現し、その際に用いる最初の信号光をファイバリングレーザあるいは半導体モードロックレーザの100GHzのパルスとし、実施例3と同様の実験を行った。得られた波長はすべて実施例3と同様であったが、それらの信号はすべて100GHzに変調された、短パルスであった。このように、本発明の方法を用いれば、短パルスからなる多波長の信号光を容易に発生できるという利点が見られる。

#### 【0029】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、導波路の平面上に一定の周期の幅を有する電極を具備し、少なくとも1つあるいは2つ以上の波長からなる信号光を発生する信号光発生手段と、信号光発生手段からの信号光と異なる波長のポンプ光を発生するポンプ光発生手段とを備え、信号光とポンプ光とを同時に入射することにより、少なくとも2波長以上の信号光を生成するようにしたので、従来では実現できなかった多波長光源を一つのチップ上に実現でき、さらに波長数や波長帯の制御を、電界を印加する電極を選択することで実現できた。さらに、従来では実現できなかった短パルスの信号光を容易に生成できるという利点がある。これにより、波長多重通信に利用する多波長光源を、簡易で安価な構成で実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の多波長光源の一実施例を示す構成図である。

【図2】実施例1で発生させた信号光を示す図である。

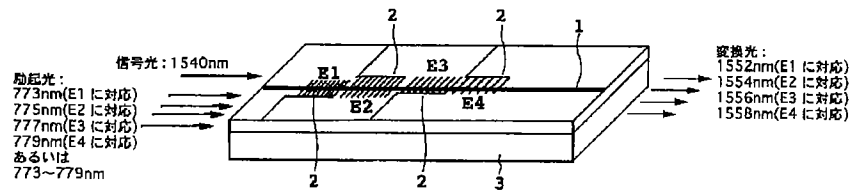
【図3】各電極に電界を随時印加して得られる波長を示す図である。

【図4】本発明の平面型光導波路を電極の位置で導波路と垂直に切った断面図で、(a)は電極を面に垂直方向に配置した構成、(b)は電極面を水平方向に配置した構成を示した図である。

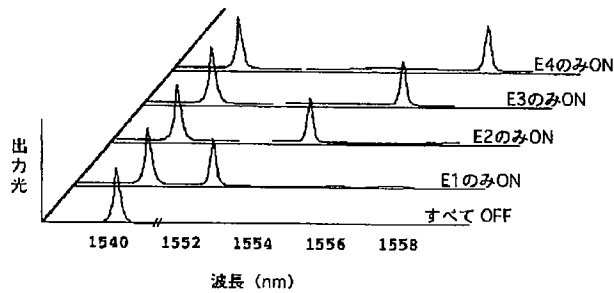
#### 【符号の説明】

- 1 KTNあるいはKLTN導波路
- 2 電極
- 3 下部電極かつ基板
- 11 基板
- 12 導波路

【図 1】



【図 2】



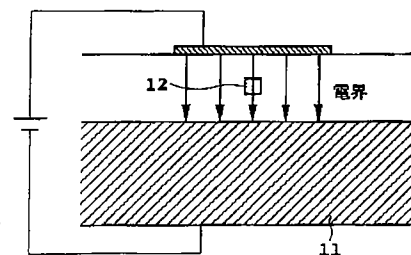
【図 3】

各段階で得られる信号波長

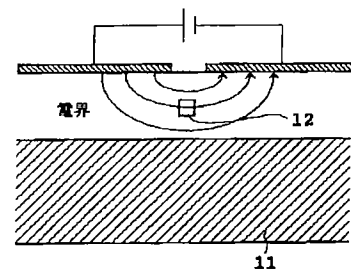
信号光	1528	1529	1530	1531	1532	1533	1534	1535	1536	1537
第1段階	1547	1546	1545	1544	1543	1542	1541	1540	1539	1538
第2段階	1571	1570	1569	1568	1567	1566	1565	1564	1563	1562
第3段階	1552	1553	1554	1555	1556	1557	1558	1559	1560	1561
	1611	1610	1609	1608	1607	1606	1605	1604	1603	1602
	1592	1593	1594	1595	1596	1597	1598	1599	1600	1601
	1568	1569	1570	1571	1572	1573	1574	1575	1576	1577
	1587	1586	1585	1584	1583	1582	1581	1580	1579	1578
第4段階	1591	1590	1589	1588	1587	1586	1585	1584	1583	1582
	1672	1673	1674	1675	1676	1677	1678	1679	1680	1681
	1648	1649	1650	1651	1652	1653	1654	1655	1656	1657
	1667	1666	1665	1664	1663	1662	1661	1660	1659	1658
	1608	1609	1610	1611	1612	1613	1614	1615	1616	1617
	1627	1626	1625	1624	1623	1622	1621	1620	1619	1618
	1651	1650	1649	1648	1647	1646	1645	1644	1643	1642
	1632	1633	1634	1635	1636	1637	1638	1639	1640	1641

【図 4】

(a) TM偏光用の電極配置



(b) TE偏光用の電極配置



フロントページの続き

Fターム(参考) 2K002 AA02 BA01 BA06 CA02 DA06  
GA10